



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 21 632 A 1**

⑤① Int. Cl.⁵
H 02 K 17/00
H 02 K 21/46
H 02 K 1/22

⑦① Aktenzeichen: 198 21 632.7
⑦② Anmeldetag: 14. 5. 98
④③ Offenlegungstag: 18. 11. 99

DE 198 21 632 A 1

⑦① Anmelder:
Jöckel, Stephan, Dipl.-Ing., 36358 Herbstein, DE

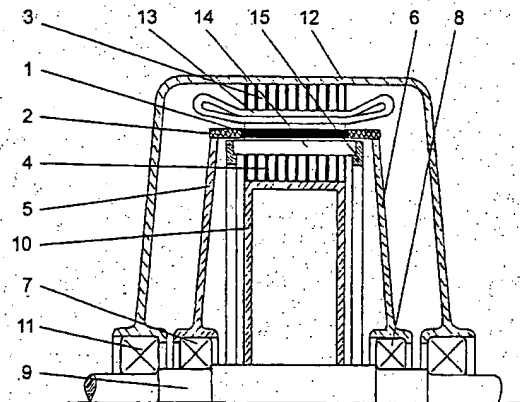
⑦② Erfinder:
Jöckel, Stephan, 36358 Herbstein, DE; Hoffmann,
Rolf, 64287 Darmstadt, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Asynchronmaschine mit Erregung durch rotierenden Permanentmagnetring

⑤⑦ Elektrische Maschinen mit großem Bohrungsdurchmesser besitzen kleine Polteilungen und müssen aus mechanischen Gründen mit großem Luftspalt ausgeführt werden. Dadurch steigt bei konventionellen Asynchronmaschinen der Magnetisierungsstrom an, was zu einer Reduktion von Leistungsfaktor und Wirkungsgrad führt. Die Erregung der Asynchronmaschine erfolgt durch eine Vorrichtung, bei der Permanentmagnete (1) an einem rotierenden Ring (2) befestigt sind, der sowohl gegenüber dem feststehenden Stator (3) als auch gegenüber dem drehenden Rotor (4) frei drehbar gelagert ist. Bei Speisung der Statorwicklung (13) mit mehrphasiger Wechselspannung rotiert der Permanentmagnetring (2) synchron mit dem drehenden Magnetfeld des Stators (3) und trägt damit zum Aufbau des Magnetflusses bei. Dadurch entfällt der Magnetisierungsstrom ganz oder teilweise und Leistungsfaktor und Wirkungsgrad erhöhen sich. Durch die Vorrichtung lassen sich Asynchronmaschinen auch bei großen Bohrungsdurchmessern mit hohem Wirkungsgrad ausführen.

Eine solche permanentmagneterregte Asynchronmaschine könnte vorteilhaft in Systemen eingesetzt werden, wo hohes Drehmoment bei niedriger Drehzahl gefordert ist, beispielsweise in getriebeLOSE Windkraftanlagen.



DE 198 21 632 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Asynchronmaschine mit Erregung durch einen rotierenden Permanentmagnetring, der synchron mit dem Drehfeld der Maschine umläuft und zur Erhöhung von Leistungsfaktor und Wirkungsgrad beiträgt.

Folgende Vorteile der Käfigläufer-Asynchronmaschine sind seit langem bekannt:

- robust und zuverlässig durch einfachen Aufbau des Käfigläufers
- wartungsarm, da weder Schleifringe noch Kommutator erforderlich sind
- einfache Netzkopplung ohne aufwendigen Synchronisiervorgang
- stabiler Betrieb durch inhärente Dämpfung.

Durch diese Eigenschaften hat die Käfigläufer-Asynchronmaschine nicht nur eine sehr weite Verbreitung in der Antriebstechnik gefunden, sondern ist auch der bei weitem häufigste Generator in der Windenergie.

Es ist bekannt, dass zur Realisierung eines verschleiß- und verlustarmen drehzahlvariablen Betriebs elektrischer Drehfeldmaschinen Frequenzumrichter erforderlich sind [3]. In vielen Fällen werden derartige Umrichter zwischen Stator und starres Netz geschaltet, so dass die gesamte Scheinleistung der Maschine über den Umrichter fließen muss. Dies ist mit zwei Nachteilen verbunden: zum einen hohe Kosten für den Umrichter, zum anderen die im Umrichter entstehenden hohen Verlustleistungen. Von vielen Anwendungen wird jedoch nur ein begrenzter Bereich von wenigen Drehzahl-Bruchteilen um die Synchrondrehzahl gefordert, was bei Schleifringläufer-Asynchronmaschinen eine deutliche Reduzierung der zu installierenden Umrichterleistung erlaubt: während der Stator der elektrischen Maschine direkt mit dem starren Netz verbunden werden kann, wird der Umrichter über Schleifringe mit dem Rotor verbunden, wodurch lediglich die Schlupfleistung der Maschine über den Umrichter geführt werden muss [1, 4, 5].

Bei Anwendungen mit niedrigen Drehzahlen wie beispielsweise in der Windenergie ist jedoch sowohl bei der Käfig- als auch bei der Schleifringläufer-Variante ein Getriebe erforderlich, damit die Asynchronmaschine mit einer Drehzahl von zumindest einigen hundert Umdrehungen pro Minute laufen kann. Langsamlaufende Asynchronmaschinen sind unterhalb einer bestimmten Drehzahl nicht mehr wirtschaftlich ausführbar, da Leistungsfaktor und Wirkungsgrad stark abnehmen. Der Grund hierfür ist, dass der für die Erregung erforderliche Magnetisierungsstrom mit wachsendem Verhältnis von Luftspalt zu Polteilung stark ansteigt. Bei hochpoligen elektrischen Maschinen mit großem Durchmesser muss zum einen der Luftspalt aus mechanischen Gründen recht groß gewählt werden, zum anderen verringert sich aufgrund der hohen Polzahl die Polteilung, so dass das Verhältnis von Luftspalt zu Polteilung mit abnehmender Drehzahl immer größer wird.

Neben einem Getriebe sind bei den bekannten schnelllaufenden doppeltgespeisten Maschinen darüber hinaus Schleifringe für die Energieübertragung zwischen Umrichter und Rotor erforderlich. Infolge der hohen Drehzahl sind die Bürsten bei langem Betrieb recht hohem Verschleiß ausgesetzt. Beides, Getriebe- und Bürstenverschleiß, führt zu hohem Wartungsaufwand.

Aus [2, 6, 7] und anderen Untersuchungen ist bekannt, dass eine Erregung von Synchronmaschinen durch Permanentmagnete zu kompakten und effizienten Konstruktionen führt, besonders bei Anwendungen mit hohem Drehmoment und niedriger Drehzahl. Allerdings können derartige elektri-

sche Maschinen bei Anwendungen mit stark schwankendem Drehmoment, wie beispielsweise in der Windenergie, nicht direkt mit einem starren Netz verbunden werden, da starke Leistungsschwankungen und mögliche Instabilitäten die Folge wären. Auch der aufwendige Vorgang des Synchronisierens von Synchronmaschinen mit einem starren Netz ist nachteilig. Ein drehzahlvariabler Betrieb von Synchronmaschinen mit Hilfe von Frequenzumrichtern beseitigt diese Probleme, erfordert allerdings Frequenzumrichter hoher Leistung, da die gesamte Scheinleistung über den Umrichter geführt werden muss.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Vorteile der Asynchronmaschine, nämlich Wartungsarmut, einfache Netzkopplung und stabiler Betrieb des Käfigläufers sowie die Möglichkeit der Rotorspeisung beim Schleifringläufer, mit den Vorteilen der permanentmagneterregten Synchronmaschine, nämlich hohes Drehmoment und hoher Wirkungsgrad, zu verbinden.

Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen 1 bis 5 aufgeführten Merkmale gelöst, die im folgenden ausführlich beschrieben werden:

Stator und Rotor der Asynchronmaschine besitzen Wicklungen, die bei Speisung mit mehrphasiger Wechselspannung geeigneter Frequenz und Phasenlage ein sich räumlich drehendes Magnetfeld erzeugen. Während bei der Käfigläufer-Variante die Rotorwicklung kurzgeschlossen und vorteilhafterweise als nicht isolierte Stabwicklung ausgeführt wird, benötigt die Schleifringläufer-Variante auch im Rotor eine normale Mehrphasenwicklung, die an Schleifringe angeschlossen wird. Dies alles ist Stand der Technik.

Das wesentliche die Erfindung kennzeichnende Merkmal ist ein zwischen Stator und Rotor angeordneter beweglicher Ring (im folgenden Permanentmagnetring genannt), der die Erregerpole aus Permanentmagnet-Material trägt. Dieser separat drehbar gelagerte Permanentmagnetring ermöglicht eine Relativbewegung der Permanentmagnete sowohl relativ zum Stator als auch relativ zum Rotor.

Bei Speisung der Statorwicklung mit mehrphasiger Wechselspannung rotiert der Permanentmagnetring synchron mit dem magnetischem Drehfeld des Stators und trägt damit zum Aufbau des magnetischen Flusses in der Asynchronmaschine bei. Dadurch entfällt der Magnetisierungsstrom ganz oder teilweise und Leistungsfaktor und Wirkungsgrad erhöhen sich. Durch die Erfindung lassen sich Asynchronmaschinen auch bei großen Bohrungsdurchmessern und kleinen Polteilungen mit hohem Wirkungsgrad ausführen. Die Vorteile der Erfindung kommen besonders bei Anwendungen zum Tragen, wo größere Leistungen bei geringer Drehzahl zu übertragen sind und auf ein Getriebe verzichtet werden kann, beispielsweise in getriebelosen Windkraftanlagen.

Eine Ausführung der Erfindung als Schleifringläufer mit gewickeltem Rotor erlaubt eine Doppelspeisung der Asynchronmaschine: während der Stator direkt mit dem starren Netz verbunden werden kann, wird der Rotor über Schleifringe mit einem Umrichter verbunden, wodurch lediglich die Schlupfleistung der Maschine über den Umrichter geführt werden muss. Dadurch wird ein drehzahlvariabler Betrieb mit geringerer Umrichter-Bemessungsleistung möglich, was zu niedrigeren Kosten und zu einer Reduktion der im Umrichter entstehenden Verlustleistungen beiträgt. Der Verschleiß der zur Speisung des Rotors erforderlichen Bürsten ist durch die niedrige Schleifringdrehzahl erheblich geringer als bei den bekannten doppeltgespeisten Maschinen. Zusammen mit dem Wegfall des Getriebes sinkt der Wartungsaufwand bei vielen Anwendungen beträchtlich.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung können die Magnetpole auf dem Permanentmagnetring auf verschiedene

Arten befestigt sein:

- Durchgehende, in Fenster des unmagnetischen (vorzugsweise aus Faser-Verbund-Werkstoff bestehenden) Magnettrings eingeklebte Permanentmagnetpole, die Flusswirbel erzeugen, die sich in bekannter Art im Stator und Rotor schließen. Bei dieser Ausführung wird der Permanentmagnetring relativ dünn und leicht. Der Hauptvorteil dieser Variante liegt darin, dass sich die Magnete in einem magnetischen Kreis zwischen Stator und Rotor befinden. Dadurch wirken keine radialen magnetischen Kräfte auf den Permanentmagnetring und dessen Lagerung.
- Zweiteilige, auf Außen- und Innenseite einer relativ dünnen ferromagnetischen Magnetring-Tragschale aufgeklebte Permanentmagnetpole gleicher Breite, die Flusswirbel erzeugen, die sich in bekannter Art im Stator und Rotor schließen. Bei dieser Ausführung wird der Permanentmagnetring etwas dicker und schwerer. Auch bei dieser Variante befinden sich die Magnete in einem magnetischen Kreis zwischen Stator und Rotor. Dadurch wirken nur geringe radiale magnetische Kräfte auf den Permanentmagnetring und dessen Lagerung, verursacht durch den bei exzentrischer Lage möglichen einseitigen magnetischen Rückschluss.
- Zwei einseitig wirksame Permanentmagnetpol-Schichten mit magnetischem Rückschluss. Bei dieser Ausführung wird der Permanentmagnetring am dicksten und durch den magnetischen Rückschluss aus ferromagnetischem Werkstoff auch recht schwer. Der Hauptvorteil dieser Variante liegt darin, dass getrennte magnetische Kreise im Stator und Rotor entstehen. Dadurch kann die Polzahl des Rotors unabhängig von der des Stators gewählt werden. Allerdings wirken bei exzentrischer Lage des Permanentmagnettrings radiale magnetische Kräfte auf den Ring und dessen Lagerung.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann der magnetische Fluss in der elektrischen Maschine folgendermaßen geführt werden:

- Longitudinalfluss-Konzept: bei dieser konventionellen Bauform elektrischer Maschinen werden in Nuten befindliche Leiter quer zur Bewegungsrichtung des Rotors eingesetzt und der magnetische Fluss innerhalb der Längsebene (Ebene, deren Normalenvektor parallel zum Vektor der Rotation liegt) geführt. Hauptvorteile dieser Variante sind einfache Fertigung und bewährtes Konzept.
- Axialfluss-Konzept: diese Bauform ist der ersten Variante sehr ähnlich, lediglich die Flussführung im Luftspalt erfolgt in axialer statt in radialer Richtung.
- Transversalfluss-Konzept: bei dieser neuartigen Bauform elektrischer Maschinen werden die magnetischen Flüsse überwiegend in transversaler Richtung, also quer zur Bewegungsrichtung des Rotors geführt. Die Ankerwicklung verläuft in Umfangsrichtung, wodurch der Wickelkopf weitgehend eingespart werden kann. Hauptvorteile sind die verminderten ohmschen Verluste und die realisierbaren kleinen Polteilungen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind wie bei den bekannten doppeltgespeisten Maschinen folgende Schaltungsvarianten möglich:

- Übliches Konzept: der Stator ist direkt mit einem starren Netz verbunden, der Rotor wird von einem Frequenzumrichter über Schleifringe gespeist.

- Der Stator wird von einem Frequenzumrichter gespeist, der Rotor ist über Schleifringe mit einem starren Netz verbunden.
- Stator und Rotor sind mit einem Frequenzumrichter verbunden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann die Lagerung des Permanentmagnettrings durch verschiedene Prinzipien erfolgen. Zunächst ist festzustellen, dass auf den Permanentmagnetring nur der innere tangentiale Drehschub, nicht aber übertragene Drehmomente wirken, da er an der Übertragung des Drehmoments nicht beteiligt ist. Daher könnte der Permanentmagnetring auch aus einzelnen, in tangentialer Richtung lose miteinander verbundenen Polen oder Polgruppen bestehen, was sich vorteilhaft auf die Montage auswirken könnte. Radiale Lasten auf den Permanentmagnetring können lediglich durch eine exzentrische Lage im Luftspalt verursacht werden. Magnetische Kräfte auf den Permanentmagnetring durch exzentrische Lage im Luftspalt sind bei der Permanentmagnetring-Variante mit durchgehenden Permanentmagneten wesentlich geringer, da sie lediglich durch Streueffekte verursacht werden. Die Lagerung des Permanentmagnettrings hat daher fast ausschließlich Führungsfunktion. Folgende Varianten sind denkbar:

- Bei einer relativ konventionellen Lösung stützt sich der Permanentmagnetring über zwei Scheiben auf zwei Lager direkt auf die Maschinenwelle ab (s. Fig. 1), wobei die Scheiben vorteilhafterweise Öffnungen besitzen oder durch Speichenräder ersetzt werden können, um die Kühlung der Rotorwicklung zu erleichtern. Diese Variante dürfte den geringsten Entwicklungsaufwand benötigen, durch die geringen Relativdrehzahlen praktisch verschleißfrei und relativ betriebssicher sein. Bei einer Ausführung mit Wälzlager können die beiden Lager zudem auch hohe radiale Kräfte aufnehmen, wodurch Permanentmagnetring-Varianten mit zwei einseitig wirksamen Permanentmagnet-Schichten möglich werden, was Vorteile bei der Auslegung des Rotor-Magnetkreises zur Folge hat (s. o.). Nachteilig sind die beiden zusätzlich erforderlichen Lager und die vergrößerte axiale Länge der Maschine.
- Ausführungen mit Gleitlagern direkt am Permanentmagnetring erfordern vermutlich einen höheren Entwicklungsaufwand. Hauptvorteile wären der sehr kleine Luftspalt zwischen Permanentmagnetring und Rotorblechpaket, was die erforderliche Permanentmagnetmasse reduziert, und der Wegfall von Tragkonstruktionen zwischen Permanentmagnetring und Welle. Für die Gleitlager bieten sich eventuell neuartige spezielle Kunststoffe an, da die zurückgelegten Wege durch die geringen Relativdrehzahlen auch bei langen Betriebsdauern relativ gering bleiben. Die aufnehmbaren Kräfte sollten vermutlich gering bleiben, weshalb hier lediglich die Permanentmagnetringvariante mit durchgehenden Permanentmagneten in Frage kommen dürfte.
- Denkbar wären auch Gas- oder Magnetlager, die beide durch ein hohes Entwicklungsrisiko gekennzeichnet sind. Während Gaslager keine hohen radialen Lasten erlauben, sind aktive Magnetlager durch ihre hohen Kosten benachteiligt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt einer permanentenerregten Asynchronmaschine mit Käfigläufer in konventioneller Longitu-

dinalfluss-Bauweise mit zweiseitiger Lagerung des Permanentmagnetings;

Fig. 2 einen Längsschnitt einer permanenterrigten Asynchronmaschine mit Käfigläufer in konventioneller Longitudinalfluss-Bauweise mit einseitiger Lagerung des Permanentmagnetings;

Fig. 3 die Gesamtanordnung einer doppeltgespeisten permanenterrigten Asynchronmaschine mit Schleifringläufer in konventioneller Longitudinalfluss-Bauweise mit zweiseitiger Wälzlagerung des Permanentmagnetings;

Fig. 4 einen Querschnitt durch einen Ausschnitt des Aktivteils (Stator, Permanentmagnetring und Rotor) einer Asynchronmaschine nach Fig. 1 mit ungeteilten Permanentmagnetpolen;

Fig. 5 einen Querschnitt durch einen Ausschnitt des Aktivteils (Stator, Permanentmagnetring und Rotor) einer Asynchronmaschine nach Fig. 1 mit geteilten Permanentmagnetpolen;

Fig. 6 einen Querschnitt durch einen Ausschnitt des Aktivteils (Stator, Permanentmagnetring und Rotor) einer Asynchronmaschine nach Fig. 1 mit zwei einseitig wirkenden Permanentmagnetpol-Schichten;

Fig. 7 einen Längsschnitt einer Asynchronmaschine in neuartiger Transversalfuß-Bauweise, in diesem Beispiel mit Gleitlagerung des Permanentmagnetings.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorgestellten Erfindung in konventioneller Longitudinalfluss-Bauweise. Die Permanentmagnetpole (1) sind hier in Fenster des Permanentmagnetings (2) eingesetzt, der sich im Luftspalt zwischen Statorblechpaket (3) und Rotorblechpaket (4) der elektrischen Maschine befindet. Der Permanentmagnetring (2) ist an einer vorderen Scheibe (5) und einer hinteren Scheibe (6) befestigt, die sich in dem dargestellten Beispiel über ein vorderes (7) und ein hinteres Lager (8) auf die Maschinenwelle (9) abstützen. Der Rotor (10) ist fest mit der Welle (9) verbunden und über die eigentlichen Hauptlager (11) konventionell im Maschinengehäuse (12) gelagert. Die Maschine wird über die Statorwicklung (13) gespeist (Runddraht- oder Formspulenwicklung mit ausgeprägten Wickelköpfen), während die Rotorwicklung (14) in dem dargestellten Beispiel aus unisolierten Stäben besteht, die über einen vorderen und einen hinteren Ring (15) kurzgeschlossen ist.

Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorgestellten Erfindung in konventioneller Longitudinalfluss-Bauweise. Der Aktivteil der Maschine entspricht dem in Fig. 1 dargestellten. Die Permanentmagnetpole (1) sind auch hier in Fenster des Permanentmagnetings (2) eingesetzt, der sich im Luftspalt zwischen Statorblechpaket (3) und Rotorblechpaket (4) der elektrischen Maschine befindet. Der Permanentmagnetring (2) ist in diesem Beispiel durch eine einseitige Tragscheibe (5) und ein vorderes Lagerpaar (6) fliegend auf der Maschinenwelle (7) gelagert. Der Rotor (8) ist fest mit der Welle (7) verbunden und über die eigentlichen Hauptlager (9) konventionell im Maschinengehäuse (10) gelagert. Auch in diesem Beispiel besteht die Statorwicklung (11) aus einer Runddraht- oder Formspulenwicklung mit ausgeprägten Wickelköpfen, während die Rotorwicklung (12) mit unisolierten Stäben ausgeführt ist, die über einen vorderen und einen hinteren Ring (13) kurzgeschlossen ist.

Fig. 3 zeigt schematisch den Gesamtaufbau bei Ausführung der Erfindung als doppeltgespeiste Asynchronmaschine mit Schleifringläufer in konventioneller Longitudinalfluss-Bauweise. Auch in diesem Beispiel sind die Permanentmagnetpole (1) in Fenster des Permanentmagnetings (2) eingesetzt, der sich im Luftspalt zwischen Stator (3) und

Rotor (4) der elektrischen Maschine befindet. Der Permanentmagnetring (2) ist an einer vorderen und einer hinteren Scheibe (5) befestigt, die sich in dem dargestellten Beispiel über ein vorderes und ein hinteres Lager (6) auf die Maschinenwelle (7) abstützen. Der Rotor (4) ist fest mit der Welle (7) verbunden und über die eigentlichen Hauptlager (8) konventionell im Maschinengehäuse (9) gelagert. Die (im Beispiel dreiphasige) Statorwicklung (10) ist direkt mit dem starren Netz (11) verbunden, während die Rotorwicklung (12) über Schleifringe (13) von einem Frequenzumrichter (14) gespeist wird, der ebenfalls mit dem starren Netz (11) verbunden ist.

Zur weiteren Verdeutlichung dient Fig. 4, die einen vergrößerten Querschnitt durch den Aktivteil des in Fig. 3 dargestellten Beispiels zeigt. Man erkennt das am Maschinengehäuse (1) befestigte Statorblechpaket (2) mit der in Nuten liegenden Statorwicklung (3), die durch Nutkeile (4) gesichert ist. Zwischen Stator und Rotor befindet sich der Permanentmagnetring (5) aus unmagnetischem Werkstoff mit den in Fenster eingesetzten durchgehenden Permanentmagnetpolen (6). Durch eine nicht dargestellte Lagerung entsteht sowohl zwischen Permanentmagnetring und Stator als auch zwischen Permanentmagnetring und Rotor ein Luftspalt, der vom Magnetfluss zu überbrücken ist. In Fig. 4 ist unterhalb des Permanentmagnetings das an der Rotortragkonstruktion (7) befestigte Rotorblechpaket (8) mit der in Nuten liegenden Rotorwicklung (9) dargestellt, die durch Nutkeile (10) gesichert ist. Infolge der durchgehenden Permanentmagnete ergeben sich für Stator und Rotor durch die gleiche Polteilung auch annähernd gleiche Nutgeometrien.

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsmöglichkeit des Permanentmagnetings. Weder ist ein vergrößerter Querschnitt durch den Aktivteil des in Fig. 3 dargestellten Beispiels gezeigt. Man erkennt das am Maschinengehäuse (1) befestigte Statorblechpaket (2) mit der in Nuten liegenden Statorwicklung (3), die durch Nutkeile (4) gesichert ist. Zwischen Stator und Rotor befindet sich der Permanentmagnetring, der hier etwas anders aufgebaut ist: auf der Außenseite einer Tragschale (7) aus ferromagnetischem Werkstoff sind die äußeren Magnetpole (6) angebracht, die durch unmagnetische Zwischenstücke (5) voneinander getrennt sind, auf der Innenseite der Tragschale (7) sind die inneren Magnetpole (8) angebracht, die ebenfalls durch unmagnetische Zwischenstücke (9) voneinander getrennt sind. Beide Permanentmagnetpole besitzen gleiche Breite und treiben einen Magnetfluss durch die Tragschale, der sich konventionell in Stator- (2) und Rotorblechpaket (11) schließt. Durch eine nicht dargestellte Lagerung entsteht sowohl zwischen Permanentmagnetring und Stator als auch zwischen Permanentmagnetring und Rotor ein Luftspalt, der vom Fluss zu überbrücken ist. In Fig. 5 ist unterhalb des Permanentmagnetings das an der Rotortragkonstruktion (10) befestigte Rotorblechpaket (11) mit der in Nuten liegenden Rotorwicklung (13) dargestellt, die durch Nutkeile (14) gesichert ist. Infolge des durchgehenden magnetischen Flusses ergeben sich für Stator und Rotor durch die gleiche Polteilung auch annähernd gleiche Nutgeometrien.

Fig. 6 zeigt eine andere Ausführungsmöglichkeit des Permanentmagnetings. Weder ist ein vergrößerter Querschnitt durch den Aktivteil des in Fig. 3 dargestellten Beispiels gezeigt. Man erkennt das am Maschinengehäuse (1) befestigte Statorblechpaket (2) mit der in Nuten liegenden Statorwicklung (3), die durch Nutkeile (4) gesichert ist. Zwischen Stator und Rotor befindet sich der Permanentmagnetring, der hier aus vier verschiedenen Schichten aufgebaut ist: die äußerste Schicht mit den einseitig nur den Statorkreis erregenden Permanentmagnetpolen (6), die durch unmagnetische Zwischenstücke (5) voneinander getrennt sind. Magnetpole

(6) und Zwischenstücke (5) sind auf dem magnetischen Rückschluss (7) aus ferromagnetischem Material befestigt. Spiegelbildlich folgt der Aufbau des Rotorerregerkreises mit magnetischem Rückschluss (8) und innerster Schicht mit den einseitig nur den Rotorkreis erregenden Permanentmagnetpolen (9), die durch unmagnetische Zwischenstücke (10) voneinander getrennt sind. Durch eine nicht dargestellte Lagerung entsteht sowohl zwischen Permanentmagnetring und Stator als auch zwischen Permanentmagnetring und Rotor ein Luftspalt, der vom Magnetfluss zu überbrücken ist. In Fig. 6 ist unterhalb des Permanentmagnetrings das an der Rotortragkonstruktion (11) befestigte Rotorblechpaket (12) mit der in Nuten liegenden Rotorwicklung (13) dargestellt, die durch Nutkeile (14) gesichert ist. Infolge der einseitigen Permanentmagnete sind für Stator und Rotor verschiedene Polteilungen möglich, was verschiedene Nutgeometrien zur Folge hat.

Fig. 7 zeigt eine andere Ausführungsmöglichkeit der vorgestellten Erfindung in Transversalfuss-Bauweise. Aufgrund der Symmetrie um die Rotationsachse genügt wie in Fig. 1 und 2 die Darstellung einer Hälfte der Maschine. Die Erregerpole (1) bestehen hier aus sich abwechselnden Permanentmagneten und (in Fig. 4 nicht erkennbaren) Weicheisenelementen in Sammleranordnung und sind in den Permanentmagnetring (2) eingesetzt, der sich im Luftspalt zwischen Stator und Rotor befindet. Die (im Beispiel dreiphasige) Stator-Ringwicklung (3) ist in die Weicheisen-Ankerelemente des Stators (4) (Anzahl gleich Polpaarzahl) eingelegt, die am Maschinengehäuse (5) angebracht sind. Der Permanentmagnetring (2) wird hier durch Gleitlager (6) auf dem Rotor (7) geführt, so dass ein sehr kleiner Luftspalt zwischen Rotor (7) und Permanentmagnetring (2) realisiert werden kann. Die (im Beispiel dreiphasige) Rotor-Ringwicklung (8) ist in die Weicheisen-Ankerelemente des Rotors (9) (Anzahl gleich Polpaarzahl) eingelegt, die am Rotor (7) angebracht sind. Der Rotor (7) ist fest mit der Welle (10) verbunden und über Wälzlager (11) konventionell im Maschinengehäuse (5) gelagert.

Durch die Erfindung wird es möglich, die Vorteile der Asynchronmaschine, nämlich Wartungsarmut, einfache Netzkopplung und stabiler Betrieb des Käfigläufers sowie die Möglichkeit der Rotorspeisung beim Schleifringläufer, mit den Vorteilen der permanentmagnetenerregten Synchronmaschine, nämlich hohes Drehmoment und hoher Wirkungsgrad, zu verbinden. Eine Ausführung der Erfindung ist auch bei großen Bohrungsdurchmessern und kleinen Polteilungen mit hohem Wirkungsgrad möglich. Eine derartige Maschine könnte vorteilhaft in Systemen eingesetzt werden, wo hohes Drehmoment bei niedriger Drehzahl gefordert ist, beispielsweise in getriebelosen Windkraftanlagen.

Literatur

- [1] Patentschrift DE 24 13 266
- [2] Patentschrift EP 06 27 805
- [3] KLEIN RATH, H.: Stromrichtergespeiste Drehfeldmaschinen. Springer-Verlag, Wen, New York (1980)
- [4] PENA, R.; CLARE, J.C.; ASHER, G.M.: Doubly fed induction generators using back-to-back PWM converters and is applicable to variable-speed wind-energy generation. IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 143, No. 3, (1996)
- [5] HOPFENSBERGER, B.; ATKINSON, D.J.; LAKIN, R.A.: Kaskadierte doppeltgespeiste Maschinen als drehzahlvariable Generatorsysteme: ein Überblick DEWEK '96 Tagungsband, S. 129-132, DEWI (1996)
- [6] GRAUERS, A.: Design of Direct-driven Permanent-magnet Generators for Wind Turbines. Chalmers University of Technology, Göteborg / Schweden, ISBN 91-7197-373-7,

(1996)

- [7] SPOONER, E.; WILLIAMSON, A.C.; THOMPSON, L.: Modular construction of large-diameter, multipole, permanent magnet machines. Proceedings of ICEM '96, 10.-12. September 1996, Vigo/Spanien, (1996)

Patentansprüche

1. Asynchronmaschine mit Erregung durch rotierenden Permanentmagnetring, dadurch gekennzeichnet, dass Permanentmagnete an einem rotierenden Ring (im folgenden als Permanentmagnetring bezeichnet) befestigt sind, der sowohl gegenüber einem feststehenden Stator als auch gegenüber einem drehenden Rotor frei drehbar gelagert ist und bei Speisung des Stators mit mehrphasiger Wechselspannung synchron mit dem Stator-Drehfeld umläuft und damit zum Aufbau des magnetischen Flusses beiträgt, wodurch der Magnetisierungsstrom reduziert wird.
2. Asynchronmaschine mit Erregung durch rotierenden Permanentmagnetring nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durchgehende Permanentmagnetpole in Fenster eines unmagnetischen Tragrings eingesetzt sind oder zwei einseitig wirkende Permanentmagnetpol-Schichten (jeweils mit eigenem magnetischen Rückschluss) auf einem Tragrings befestigt sind.
3. Asynchronmaschine mit Erregung durch rotierenden Permanentmagnetring nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetische Fluss innerhalb der Längsebene der Maschine (Longitudinalfluss-Konzept) oder im Luftspalt in axialer Richtung (Axialfluss-Konzept) oder überwiegend in transversaler Richtung geführt wird (Transversalfuss-Konzept).
4. Asynchronmaschine mit Erregung durch rotierenden Permanentmagnetring nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator direkt mit einem starren Netz verbunden ist, während der Rotor über einen Frequenzumrichter gespeist wird, oder umgekehrt der Stator von einem Frequenzumrichter gespeist wird und der Rotor direkt mit einem starren Netz verbunden ist oder Stator und Rotor mit einem Frequenzumrichter verbunden sind.
5. Asynchronmaschine mit Erregung durch rotierenden Permanentmagnetring nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnetring sich über ein vorderes und ein hinteres Zwischenteil (Scheibe oder Speichenrad) auf zwei auf der Maschinenwelle befindliche Lager abstützt (zweiseitige Lagerung) oder der Permanentmagnetring sich über ein einseitiges Zwischenteil (Scheibe oder Speichenrad) auf einseitig auf der Maschinenwelle befindliche Lager abstützt (fliegende Lagerung) oder der Permanentmagnetring durch Lager direkt am Luftspalt zwischen Rotor und Permanentmagnetring geführt wird, wobei prinzipiell Wälz-, Gleit-, Gas- oder Magnetlager zum Einsatz kommen können.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

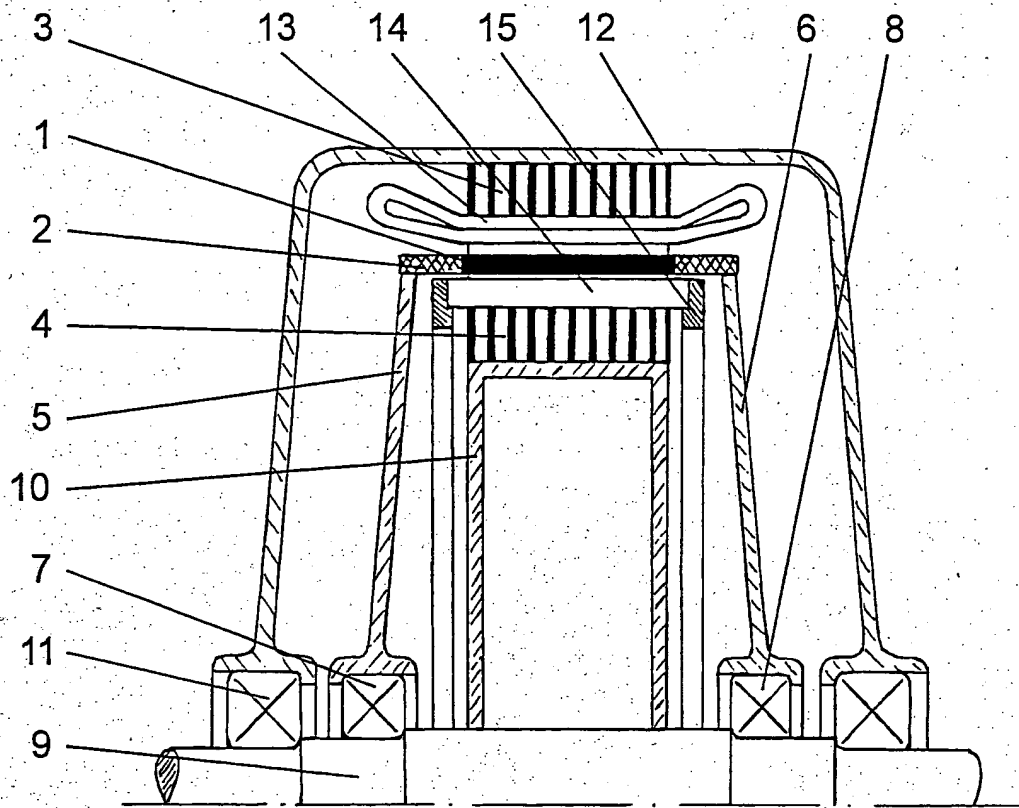


Fig. 1

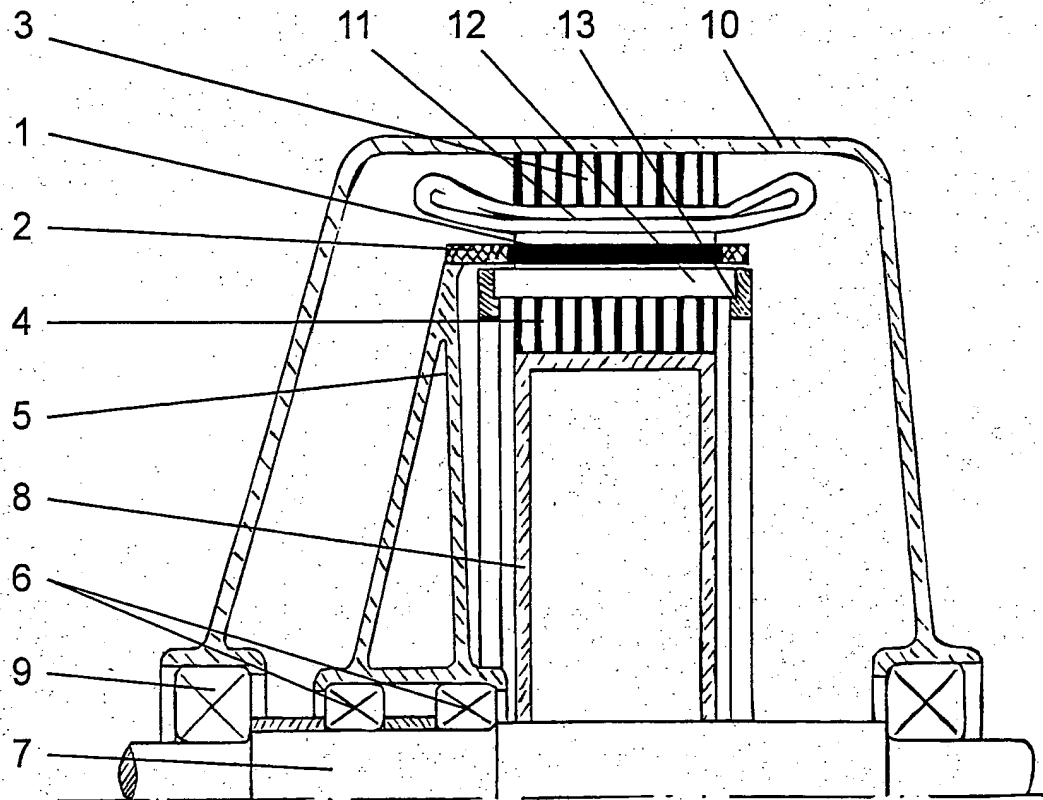


Fig. 2

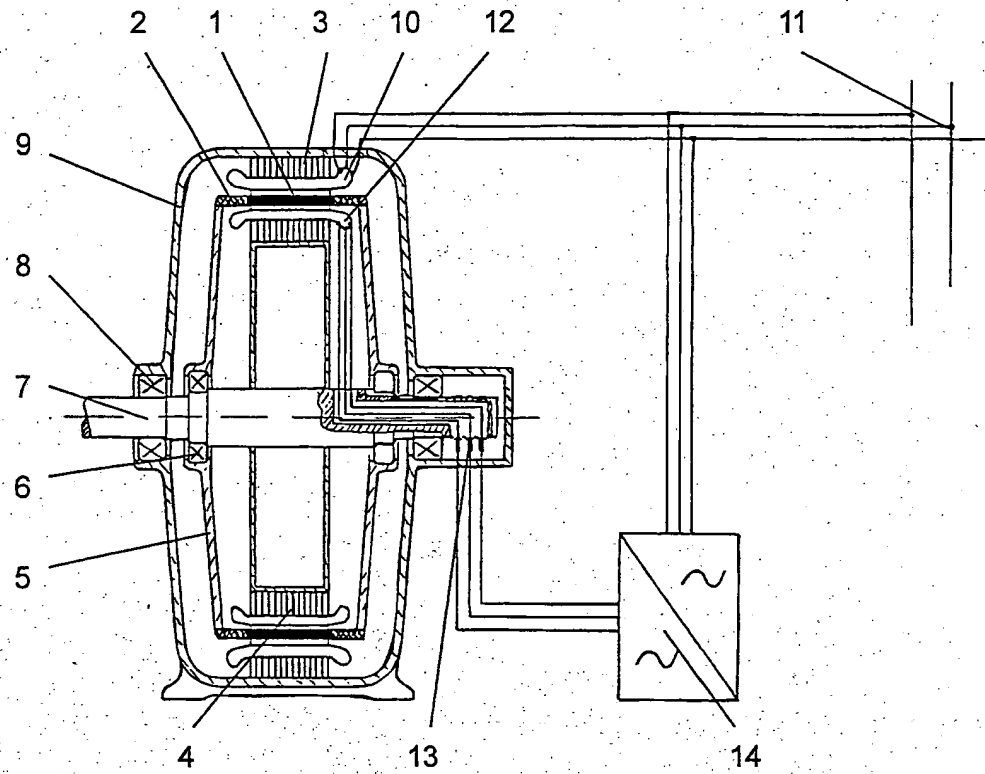


Fig. 3

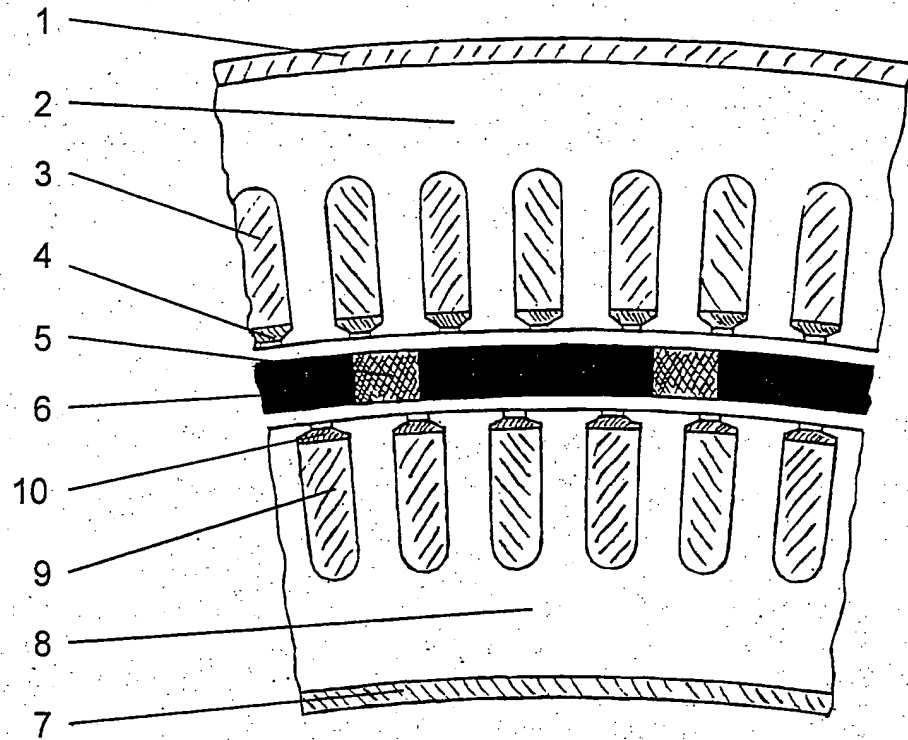


Fig. 4

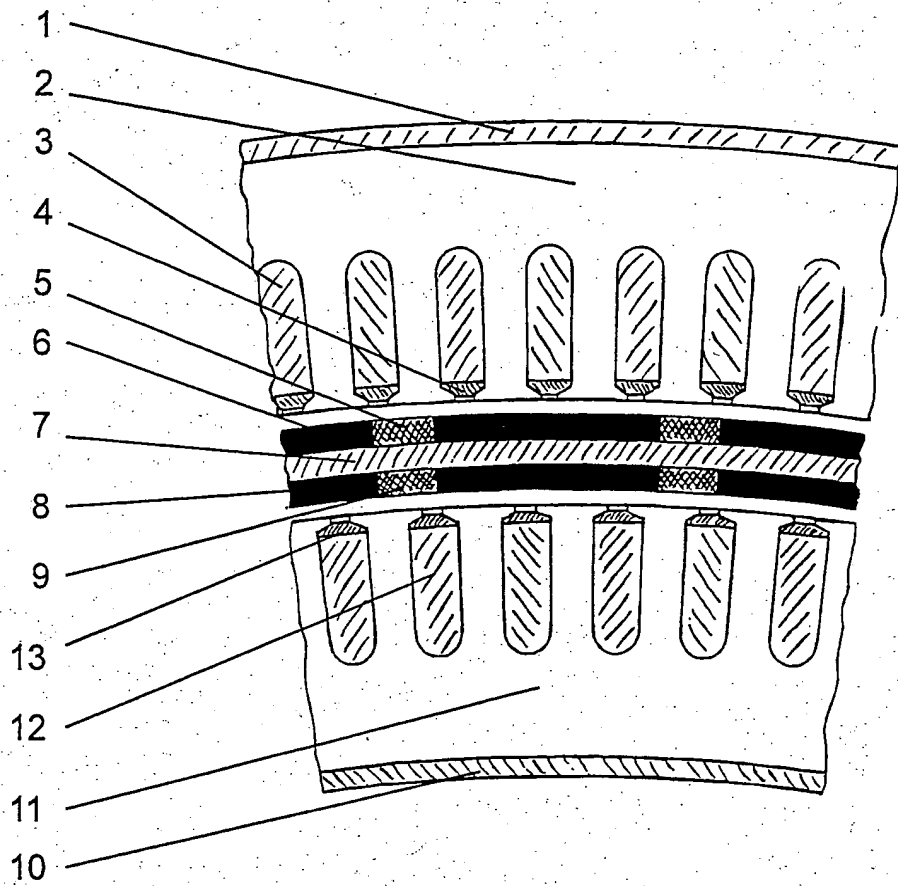


Fig. 5

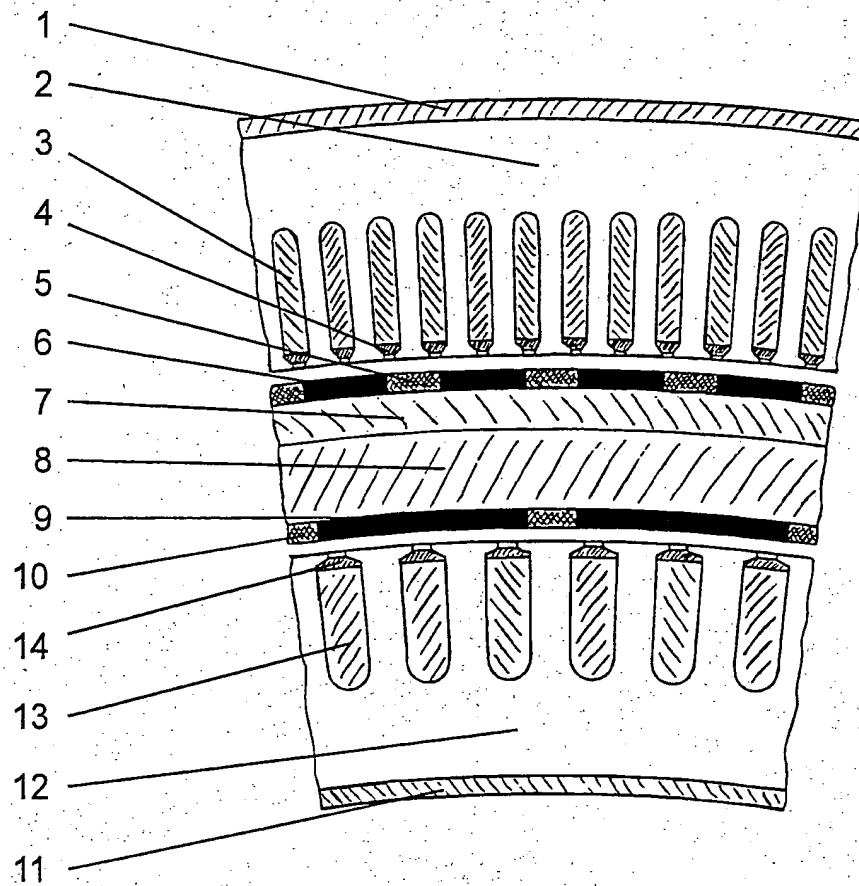


Fig. 6

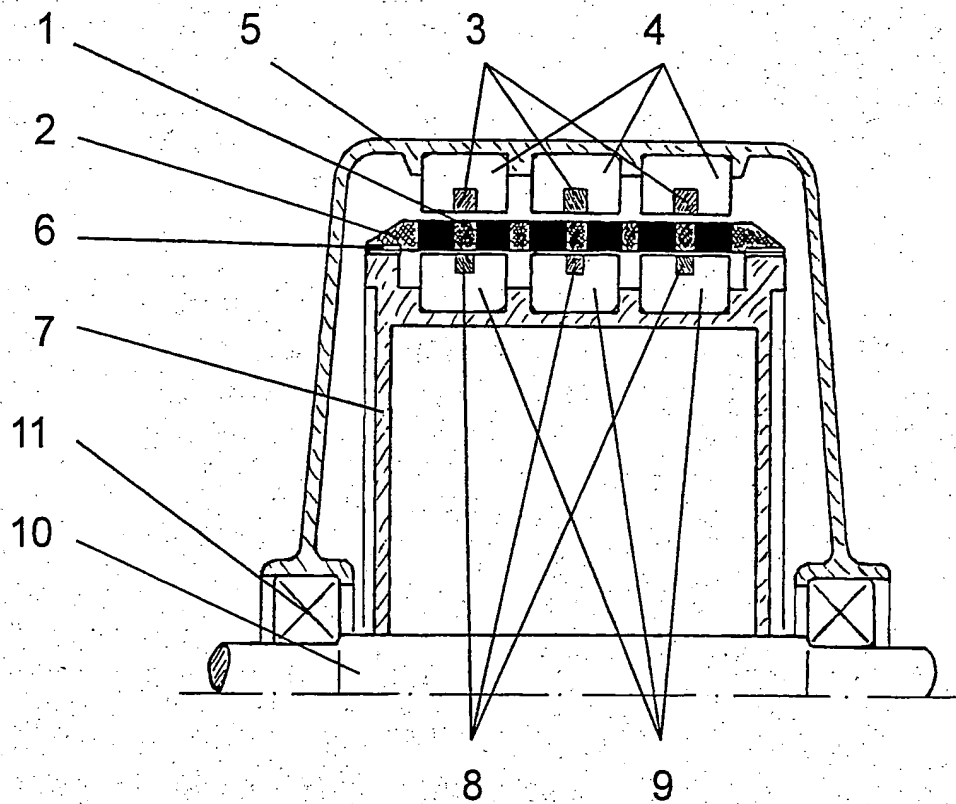


Fig. 7